

Nota Técnica: Sensores de humedad de tipo capacitivo y resistivo, fabricados con NaCl, KBr y KCl

Sheyla Jimenez^a, Luciana Scarioni^{*,a}, Kelim Vano^b

^aLaboratorio de Películas Delgadas. Departamento de Física. Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología. Universidad de Carabobo. Carabobo, Valencia, Venezuela.

^bInstituto de Química Inorgánica. Departamento de Química Analítica. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Leibniz de Hannover. Hannover, Alemania.

Resumen.-

La presente investigación reporta pastillas de polvo de NaCl, KBr y KCl utilizados como material sensible a la humedad en la fabricación de sensores de tipo resistivo y capacitivo. Las pastillas de alrededor de 5 mm de diámetro han sido fabricadas mediante una prensa hidráulica, con una carga de 4 toneladas. Los sensores de humedad fabricados fueron caracterizados mediante curvas de capacidad y resistencia vs % humedad relativa (%hr), en un rango de 30 a 85 %hr, utilizando un generador de humedad a dos presiones. Los resultados muestran un aumento de la capacidad con el incremento del %hr. En los sensores resistivos se observó una disminución de la resistencia con el incremento del nivel de humedad relativa. Los resultados muestran que el NaCl presenta un mejor alcance para desarrollar sensores de humedad de tipo resistivo y capacitivo en el rango de humedad 30 a 85 %hr.

Palabras clave: Resistencia, Capacidad, Sensores de Humedad, Sales Inorgánicas.

Tech note: Humidity sensors of capacitive and resistive type, made with NaCl, KBr and KCl

Abstract.-

The present investigation reports pellets of NaCl, KBr and KCl powder used as sensible humidity material in the fabrication of resistance and capacitive type sensors. The pellets of about 5 mm diameters have been made by hydraulic pressing machine under a load of 4 tons. The fabricated humidity sensors were characterized by curves of capacitance and resistance versus % relative humidity (%hr) in a range from 30 to 85 %hr using a two pressures humidity generator. The results show that the capacitance value increases with increasing the %hr. In the resistance sensors was observed a decrease of the resistance with increasing the level of the %hr. The results show that the NaCl has a very good scope for developing resistance and capacitance type humidity sensors in the range from 30 to 85 %hr.

Keywords: Resistance, Capacitance, Humidity sensors, inorganic salts

Recibido: diciembre 2012

Aceptado: abril 2013.

1. Introduction

La Humedad es una característica ambiental importante, por lo tanto el control y monitoreo

de la humedad es esencial para el desarrollo de productos en procesos industriales y en la industria farmacéutica [1, 2]. En la fabricación de alimentos la humedad es un factor determinante que afecta la calidad de los mismos debido al crecimiento de micro-organismos [1]. La humedad relativa hr, la cual es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire en unas condiciones determinadas de temperatura y

*Autor para correspondencia

Correo-e: lscarion@uc.edu.ve (Luciana Scarioni)

presión y la que tendría si estuviera saturado a la misma temperatura y presión. Es el parámetro que se utiliza frecuentemente para especificar la humedad (Ecuación (1)).

$$\%hr = \left(\frac{e}{e_s} \right) \cdot 100, \quad (1)$$

donde e es la presión de vapor efectiva y e_s es la presión de saturación del vapor.

Entre los diferentes materiales utilizados en la fabricación de sensores de humedad se encuentran las sales higroscópicas y las cerámicas u óxidos. Estos últimos muestran ventajas en su funcionamiento debido a su alta estabilidad química, amplio rango de operación y rápida respuesta a los cambios de humedad [3]. Especialmente el TiO_2 , el cual posee alta capacidad de absorción de moléculas de agua y porosidad altamente controlable [4]. Diversos mecanismos han sido propuestos para explicar las variaciones de la impedancia eléctrica con la humedad. Estos consideran las capas de moléculas de agua química y físicamente absorbidas así como la condensación capilar del agua dentro de poros minúsculos. El funcionamiento de un sensor de humedad depende fuertemente de la microestructura porosa y de la reactividad de la superficie al agua [5]. La presencia de un gran volumen poroso con una conveniente distribución de tamaño del poro es fundamental para alcanzar una alta sensibilidad en la medición de humedad [6].

La fabricación de sensores de humedad de tipo resistivo y capacitivo ha sido tema de investigación desde hace muchos años [7]–[12]. Diferentes técnicas han sido utilizadas para la fabricación de estos sensores entre las cuales se destacan: evaporación térmica, spinning, sol–gel, spin–coating, entre otras [13].

En este trabajo, se reporta la fabricación de sensores de humedad de tipo resistivo y capacitivo, con sales de NaCl, KBr y KCl. La importancia de estos sensores radica en que son sensores muy simples, de bajo costo y de fácil fabricación.

2. Principios de operación

La morfología del elemento sensible utilizado en la fabricación de los sensores de humedad

determina la absorción y desorción de vapor de agua. El comportamiento de la condensación de vapor de agua es una función del tamaño del poro y de su distribución.

En los sensores de tipo resistivo, la absorción de vapor de agua origina la disociación de los grupos funcionales iónicos, dando lugar al aumento de la conductividad eléctrica. El tiempo de respuesta característico para la mayoría de sensores de tipo resistivo es de 10 a 30 s [13].

Para los sensores de tipo capacitivo, la absorción de vapor de agua produce un aumento de la permitividad dieléctrica, produciendo de esta manera un aumento en los valores de la capacidad. Los cambios en la capacidad dependen del área de los electrodos, espesor y propiedades dieléctricas del elemento sensible. En general la relación entre la constante dieléctrica del material ϵ_r y la polarizabilidad α está determinada por la relación de Clausius Mosotti [14].

$$\frac{(\epsilon_r - 1)}{(\epsilon_r + 2)} = \frac{N \alpha}{3\epsilon_0},$$

donde N es la densidad de dipolos.

3. Procedimiento experimental

Los materiales utilizados para la fabricación de los sensores fueron NaCl, KCl y KBr en polvo (Sigma Aldrich, 99,9 % de pureza). Las muestras se prepararon presionando el polvo con una carga de 4 toneladas durante 5 minutos para formar pastillas de 5 mm de diámetro y con espesores desde 0,1 a 7 mm. Las pastillas fabricadas fueron expuestas a la humedad en una cámara de humedad en ambiente controlado (Marca ETS modelo 5518). Las mediciones de resistencia y capacidad se realizaron con un multímetro (HP 34401A) y un LCR meter (BK Precision Modelo 875A) respectivamente. Las de humedad relativa con un higrómetro estándar (Visala M170).

4. Estimación de la incertidumbre

La estimación de la incertidumbre en esta investigación se realizó de acuerdo a la ISO-GUM [15]. La incertidumbre estándar combinada

uc se calculó de acuerdo con la Ecuación (2), considerando las varianzas asociadas a cada una de las contribuciones.

$$u_{c(\%hr)}^2 = u_1^2 + u_2^2, \quad (2)$$

donde:

u_1 es la contribución debida al instrumento utilizado en la medición de resistencia y capacidad.

u_2 es la contribución debida al cambio del %hr en el higrómetro patrón.

En el cálculo de estas contribuciones se considero: la resolución de los instrumentos de medición utilizados, su repetibilidad y la información suministrada en el certificado de calibración

5. Resultados y discusión

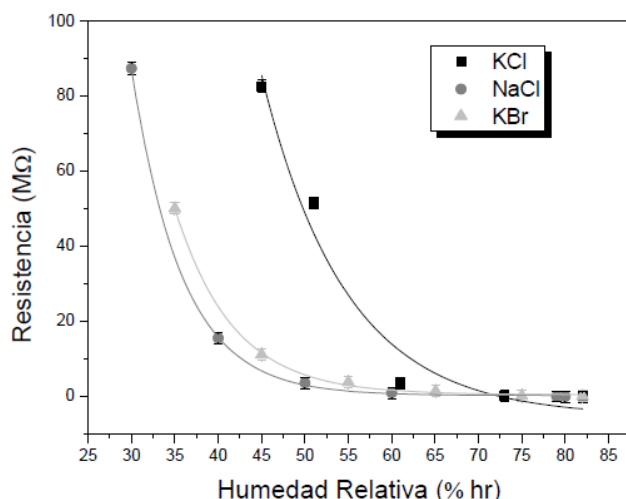


Figura 1: Variación de la resistencia vs %hr para muestras de NaCl, KBr y KCl.

Las mediciones de la resistencia vs humedad relativa de los sensores fabricados se muestran en la Figura 1. Para los elementos NaCl y KBr se observa una drástica disminución de la resistencia para humedades relativas menores al 50 % y luego una disminución gradual hasta el 80 %. En el KCl se observó una rápida disminución de la resistencia para humedades relativas entre 48 y 60 % y luego al igual que para el KBr y NaCl una disminución gradual hasta el 80 %. Las variaciones de la resistencia con la humedad relativa se deben a

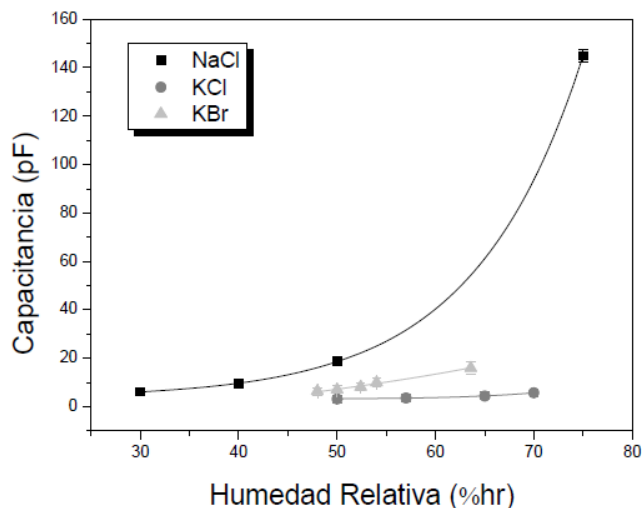


Figura 2: Variación de la capacitancia vs %hr para muestras de NaCl, KBr y KCl.

la rápida conducción iónica en una superficie libre de poros [7].

La Figura 2 muestra las curvas características capacitancia vs humedad relativa para las muestras fabricadas. Un aumento en los valores de la capacitancia con el aumento en el nivel de humedad relativa de 30 a 75 % es observado.

La variación de la capacitancia con la humedad relativa muestra un comportamiento no lineal. Este incremento en la capacitancia del sensor se explica en términos de la absorción de moléculas de agua en los poros del material. Es conocido que la capacitancia es directamente proporcional a la permitividad dieléctrica del material, con el aumento de la humedad aumenta el valor de la constante dieléctrica y por tanto el valor de la capacitancia.

En la Figura 3 se muestra la variación de la capacitancia con él %hr graficada a otra escala, para las muestras de KCl y KBr. Estas muestras presentan un incremento menor de la capacitancia en el rango de 45 a 70 %hr, comparado con la muestra de NaCl.

6. Conclusiones

Sensores resistivos y capacitivos han sido fabricados e investigados, usando NaCl, KBr y KCl como material sensible a la humedad. Las

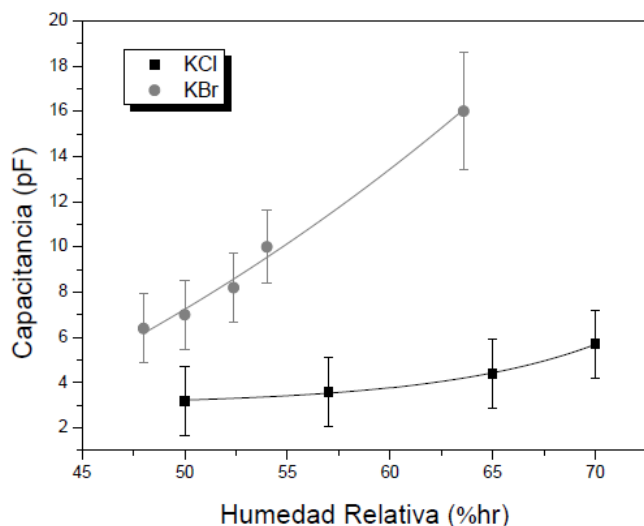


Figura 3: Variación de la capacitancia vs %hr para muestras de KBr y KCl.

variaciones en la resistencia y la capacidad fueron estudiadas en el rango de humedades relativas de 30 a 85 %. Los resultados muestran pequeñas variaciones de la resistencia a humedades relativas entre 60 y 80 % y un rápido incremento para humedades menores a 60 %. Se observó para la muestra de NaCl, una pequeña variación de la capacidad en el rango de 30 a 50 %hr, incrementándose rápidamente para %hr mayores a 50 %. En las muestras de KCl y KBr, las variaciones de la capacitancia en el rango de 45 a 70 %hr, son menores comparadas con la muestra de NaCl.

Referencias

- [1] Kulwicky, B.M. (1991). "Humidity Sensors". J. Am.Ceram.Soc, 74 (4), 697-708, 1991.
- [2] Yang, S., Wu, J. (1991). "ZrO₂-TiO₂ ceramic humidity sensors". J. Mater.Sci, Vol. 26, No 3, pp. 631-636.
- [3] Agarwal, S. and Sharma, G.L. (2002). "Humidity sensing properties of (Ba, Sr) TiO₃ thin films grown by hydrothermal-electrochemical method". Sensors Actuators B, Vol. 85, No 3, pp. 205-211.
- [4] Tai, W., Kim, J., Oh, J. and Kim, Y. (2005). "Preparation and humidity sensing behaviors of nanostructured potassium tantalate: titania films". Sensors Actuator B, Vol. 105, (2) 2005, pp. 199-203.
- [5] Fu, G., Chen, H., Zhnag, J. and Kohler, H. (2002). "Humidity sensitive characteristics of Zn₂SnO₄-

LiZnVO₄ thick films prepared by the sol-gel method". Sensors Actuators B, Vol. 81, (2-3), pp. 308-312.

- [6] Shimizu, Y., Arai, H. and Seiyama, T. "Theoretical studies on the impedance-humidity characteristics of ceramic humidity sensors". Sensors Actuators, Vol. 7, (1), pp. 11-22.
- [7] Yadav, B.C., Amit, K. and Preeti S. (2007). Resistance Based Humidity Sensing Properties of TiO₂. Sensors & Transducers Journal, Vol. 81, (7), pp.1348-1353.
- [8] Yadav, B.C. and Shukla, R.K. (2003). "Titania films deposited by thermal evaporation as humidity sensor". Indian Journal of Pure and Applied Physics, Vol. 41, (9), 2003, pp. 681-685.
- [9] Yadav B. C., Pandey N. K., Srivastava Amit K., Sharma PP. Meas. in Sc. & Tech 18: 1-5, 2007.
- [10] Shah, M., Sayyad, M.H. and Karimov, K.S. (2008). "Fabrication and Study of Nickel Phthalocyanine based surface type capacitive sensors". Proceedings of world academy of science, engineering and technology, (19), pp. 392-394. <http://www.waset.org>
- [11] Wen, T., Gao, J., Shen, J. and Z. Zhou. (2001). "Preparation and characterization of TiO₂ thin films by the sol-gel process". Journal of Materials Science, Vol. 36, (24), pp. 5923 - 5926.
- [12] Ritteersma, Z.M. (2002). "Recent achievements in miniaturised humidity sensors—a review of transduction techniques". Sensors Actuators A, Vol. 96, (2-3), 2002, pp. 196-210.
- [13] Ahmad, Z., Sayyad, M.H. and Karimov, K.S. (2008). "Capacitive hygrometers based on natural organic compound, Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications", Vol. 2, (8), pp. 507-510.
- [14] Omar, M.A (2002). "Elementary Solid State Physics". Pearson Education. Singapore.
- [15] BIMP, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML (2008), Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). Switzerland.